

Study on leaf water isotopic enrichment and evapotranspiration flux partitioning for a temperate grassland ecosystem

著者	王 佩
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 6473, 2013.3.25 Includes bibliographical references (leaves 105-120)
発行年	2013
URL	http://hdl.handle.net/2241/120343

氏 名 (本籍)	おう	べい	王 佩 (中 国)
学 位 の 種 類	博	士	(理 学)
学 位 記 番 号	博	甲	第 6473 号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科		
学 位 論 文 題 目	Study on Leaf Water Isotopic Enrichment and Evapotranspiration Flux Partitioning for a Temperate Grassland Ecosystem (温帯草原生態系における葉内水の同位体濃縮と蒸発散成分分離に関する研究)		
主	査	筑波大学准教授	博士 (理学) 山 中 勤
副	査	筑波大学教授	Ph.D. 浅 沼 順
副	査	筑波大学教授	理学博士 杉 田 倫 明
副	査	筑波大学教授	博士 (理学) 辻 村 真 貴

論 文 の 内 容 の 要 旨

植生からの蒸散と土壌面からの蒸発は一般に蒸発散としてひとまとめに取り扱われることが多いが、近年では水源管理上、あるいは気候変動に対する生態系応答を予測する上でこれらを分離して評価することが重要視されるようになってきている。幾つかある蒸発散成分分離手法の中で同位体トレーサーを用いた Keeling プロット法は最も有望視されているものの一つで、これまでに様々な植生・気候条件下で適用されてきた。しかしながら、同位体的定常状態の仮定や葉内水の同位体的不均質性が問題視されるようになり、この手法の妥当性についてより一層の検証が要求されている。本研究は、非定常状態における葉内での同位体濃縮プロセスを解明し、それを適切に組み込んだ土壌-植物-大気連続系同位体輸送モデル（以下、Iso-SPAC モデルと呼ぶ）を開発するとともに、これと Keeling プロット法との比較により蒸発散成分分離結果の妥当性を検証し、かつ蒸散割合の制御因子を特定することを目的としたものである。研究対象として筑波大学陸域環境研究センター草地圃場を選択し、土壌水・植物体内水・大気水蒸気に関する詳細かつ体系的な同位体測定を実施した。その際、2010 年には日変化スケールに焦点を当てた集中観測を、2011 年には季節変化スケールに着目した長期観測をそれぞれ行った。また、これまでに提案されている 5 種類の葉内水同位体濃縮モデルを 2 層水・熱収支モデルに組み込んだ Iso-SPAC モデルを構築し、Keeling プロット法とともに実測データを用いた検証した。

その結果、以下の点が明らかとされた。第一は、葉内水の同位体比が蒸散量の変化に対応して明瞭な日変化を示し、非定常移流-拡散モデルが最も良好にこれを再現できるという点である。しかしながら、季節変化スケールでは他のモデルも遜色がなかった。このことは、同位体収支の非定常性ならびに葉と茎あるいは根との間の同位体拡散が日変化スケールでは葉内水同位体濃縮プロセスとして重要であるものの、季節変化スケールではこれらの複雑さが実用上大きな問題とならないことを示唆する。第二は、新規に開発された Iso-SPAC モデルが、既存モデルと同程度の水・熱フラックス推定精度を有すると同時に、葉内水および蒸発散フラックスの同位体推定においても高い精度を有することである。その有効性は日変化および季節変化の

どちらのタイムスケールでも良好であり、かつモデルパラメータ設定値や実測気象・植生データに含まれる誤差に対して高い堅牢性を有することが示された。第三は、Iso-SPAC モデルと Keeling プロット法によって推定された蒸散割合は良好な一致を示す点である。植生成長季の初期段階や草刈り直後には Keeling プロット法が蒸散割合を過大評価する傾向が認められたが、草丈と観測高度のアンバランスによりフェッチが十分でなかったことに起因することがフットプリント解析によって示された。したがって、Iso-SPAC モデルの方が蒸発散成分分離を行う上でより優れた手法と言える。ただし、フェッチの問題がクリアされれば、定常状態を仮定した従来通りの Keeling プロット法でも Iso-SPAC モデルの信頼性をチェックする上で利用価値がある。第四は、蒸散割合を規定する主要な因子に関する点であり、日変化については日射に応答する気孔抵抗が最も重要な因子であった。一方、蒸散割合の季節変化は葉面積指数に強く規定されており、群落抵抗と放射透過率の両方が葉面積指数に依存することが重要であるとの結果が示された。これに対し、土壌水分など他の因子は、少なくとも湿潤な温帯草原では蒸散割合への影響が小さいことが明らかとなった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

蒸発散の成分分離は、水文循環と生態系の相互作用に関する科学的理解の深化といった側面のみならず、水資源管理手法の改善など実用的見地からも重要性が高い課題である。これまでに幾つかの評価手法が提案されてきたものの、それぞれに一長一短があり、普遍性の高い手法は未だ確立されていない。本研究は、その中でも適用事例が多い Keeling プロット法の問題点とされてきた葉内水の同位体濃縮過程にまず焦点を当て、精密な野外観測とモデル化を行った。これらにより草本植生に関する当該プロセスを野外条件下で実証した点は世界的にもほとんど前例が無く、新規性が高いと言える。また、新たに構築された土壌-植物-大気連続系における水・熱・同位体輸送モデルをこれまでにない充実した同位体実測データを用いて検証した点や、Keeling プロット法の適用可能性や利用限界を明確にした点も高く評価できる。さらに、これまで解釈が様々であった蒸散割合の葉面積指数依存性を群落抵抗と放射透過率の両面から定量的に明らかにした点は、生態水文学における理論の体系化に寄与するものである。

平成 25 年 1 月 28 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。